

Intelligent Energy  Europe

Sistemas Automáticos de Calefacción con Biomasa en Edificios y Viviendas

Guía Práctica



 Dirección General de Industria,
Energía y Minas
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA
E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
Comunidad de Madrid

www.madrid.org



Guía Práctica

Sistemas Automáticos de Calefacción con Biomasa en Edificios y Viviendas

Depósito Legal: M-28.394-2006

Diseño e Impresión: Gráficas Arias Montano, S.A.
28935 MÓSTOLES (Madrid)

AGRADECIMIENTOS:

Para la elaboración de esta publicación se ha contado con la colaboración de los fabricantes y distribuidores españoles de calderas de biomasa y de biocombustibles sólidos (pellets, hueso de aceituna, etc.), ingenierías y consultorías del sector, así como de usuarios finales de estos sistemas.

El agradecimiento se hace extensivo a las siguientes empresas y entidades:

CALORDOM, S.L.
COMBUSTIBLES CABELLO, S.L.
HC Ingeniería, S.L.
RESIFOR, S.A.
ECOFORST, S.A.
CARYSE, S.L.
ENERASTUR, S.L.
AYUNTAMIENTO DE CUELLAR
KWB BIOMASSEHEIZUNGEN
SOLARFOCUS
ÖKOFEN ENERGIE & PELLETS GmbH
ACTIVIDADES MEDIOAMBIENTALES ASTURIANAS (AMA)
NOVAENERGÍA
HOTEL FLAMINGO
BIOENERGY
RENEWABLE HEAT AND POWER LIMITED (RHPL)
ESV (Agencia de la Energía del Norte de Austria)

Esta Guía Práctica ha sido realizada por iniciativa de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, con apoyo del programa europeo *Energía Inteligente*. La elaboración técnica ha sido encomendada a la empresa Escan, S.A.

ÍNDICE

1. Presentación	7
2. Introducción	9
3. Sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) con biomasa	12
4. Combustible de biomasa densificada (PELLET)	20
5. Calderas automáticas alimentadas con pellets	23
6. Sistemas mixtos biomasa-solar	30
7. Aspectos económicos, ayudas y viabilidad	33
8. Beneficios medioambientales y socioeconómicos	43
9. Ejemplos prácticos: instalaciones de calefacción con biomasa en España	45
10. Normativa	54

1 PRESENTACIÓN

Esta guía práctica analiza las posibilidades de utilización de la biomasa sólida como fuente de energía para producción de calefacción y agua caliente sanitaria en edificios. El enfoque realizado en este documento considera las opciones actuales en cuanto a los sistemas automáticos existentes en el mercado, con un grado tecnológico avanzado, y que proporcionan un grado de confort similar a los sistemas convencionales alimentados con combustibles fósiles (como son el gas, gasóleo o carbón).

La biomasa sólida es un recurso energético que tiene orígenes diversos, generándose como subproducto en explotaciones forestales, industrias de primera transformación de la madera o en industrias agrícolas, entre otros. Consecuentemente, su explotación y conversión en energía útil tiene implicaciones en diversas áreas de actividad y sectores. Es importante destacar que esta fuente primaria de energía tiene un gran potencial para contribuir a la seguridad de suministro energético en nuestro país y su utilización ayuda a cumplir las obligaciones existentes en los acuerdos ambientales sobre el cambio climático.

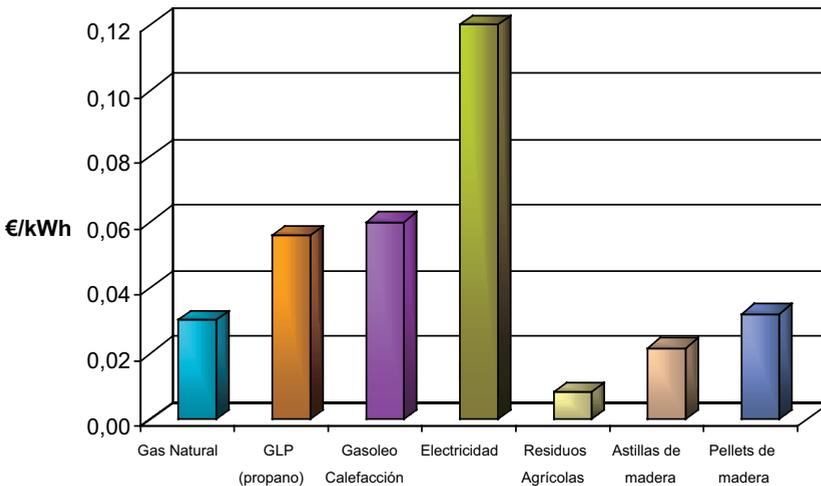


Figura 1:
Comparación
de costes de
combustibles.

Se espera una creciente contribución de la biomasa en los próximos años como fuente generadora de calor y electricidad, motivada en parte por el incremento de los precios en los combustibles fósiles, responsables directos del cambio climático. Si se comparan estos costes, se observa que la biomasa se presenta como una opción interesante en el mercado.

Las tecnologías para la conversión eficiente de la biomasa en energía térmica se han desarrollado y demostrado por toda Europa, principalmente en países de la zona centro (Austria, Alemania) y norte (Finlandia, Suecia), especializándose cada país en función de su entorno socioeconómico y tipo de biomasa existente. Otros países en los que la biomasa ha tenido un grado de desarrollo menor como Reino Unido, Irlanda, Grecia, Italia o España (exceptuando en la Europa mediterránea el uso de subproductos de almazaras y los proyectos demostrativos) tienen ahora la oportunidad de su explotación basándose en la experiencia adquirida.

2 INTRODUCCIÓN

La energía se ha convertido en uno de los pilares que soportan el desarrollo de la sociedad actual y su disponibilidad y buen uso son ya una pieza clave a la hora de determinar el éxito o el fracaso de las economías mundiales. Muy a pesar del mundo occidental, los años de energía barata y aparentemente infinita que se dieron durante gran parte del siglo xx han quedado definitivamente atrás. El nuevo siglo xxi ha dado paso a una época en la que las reservas probadas de petróleo y gas natural han dejado de aumentar año a año y el horizonte del 2050 para el primero de estos productos y 2075 para el segundo, se baraja ya como una posibilidad real para la posible desaparición de este tipo de recursos.

A estos hechos se suma, además, la creciente conciencia del poder que representa para algunos de los países productores que hasta hace poco se habían mostrado sumisos a los mercados internacionales, el tener en sus manos la llave del suministro de las principales potencias mundiales y la aparentemente incontrolable inestabilidad de Oriente Medio, donde a los tradicionales conflictos árabe-israelíes se han sumado en la última década la guerra de Iraq y la actual crisis iraní, así como la incorporación al tren del consumo de gigantes como China e India.

Todos estos factores han dado como resultado una imparable subida de los precios del petróleo y la consiguiente tendencia alcista de los del gas natural, que por razones históricas suele ligar en cierta medida su precio al de éste.

A pesar de lo anterior, el consumo de energía no sólo no disminuye sino que no para de crecer. Los grandes consumidores de energía están directamente relacionados con el uso de la electricidad en sus distintas aplicaciones, y a la utilización de los combustibles para transporte. Al mismo tiempo, cabe destacar la progresión del consumo en las edificaciones (sector residencial, edificios de oficinas, edificios públicos, hoteles, etc.) que suponen en la actualidad un 40 % de las necesidades energéticas totales de la Unión Europea, y con tendencia a un mayor crecimiento.

Como consecuencia de lo anterior y ante la enorme dependencia tanto de la Unión Europea como, en particular, de España, que importa cerca de un 80 % de sus necesidades energéticas, la energía ha pasado a ser una prioridad para la Comisión Europea y para el Gobierno de España.

Las líneas para poder enfocar este problema son comunes para ambas instituciones y están intentando ponerse en marcha desde hace más de dos décadas, si bien nunca han contado con los apoyos políticos ni económicos de los que actualmente disponen para poder llegar a ser efectivas: fomentar la investigación y uso de las energías renovables e impulsar las medidas de ahorro y eficiencia energética, haciendo especial hincapié en la mejora de las condiciones energéticas de las edificaciones por su especial relevancia.

En España, el Plan de Fomento de las Energías Renovables (1999) 2000-2010 se concibió con el objetivo de cubrir el 12 % del consumo nacional en energía primaria en 2010 mediante energías renovables. Esto implica que, para el periodo 1999-2010, estaba previsto alcanzar un consumo de biomasa de 6 millones de tep, de los cuales 5,1 millones de tep estaban asociados a aplicaciones eléctricas y 0,9 en aplicaciones térmicas, entre los que se enmarca el uso de biomasa para calefacción. Este objetivo ha sido, no obstante, recientemente revisado a la vista de los datos alcanzados en el año 2004 (Plan de Energías Renovables en España 2005-2010), quedando actualmente fijado como valor a alcanzar el de 4.070 ktep.

En este contexto europeo y nacional se encuentra la Comunidad de Madrid, que es una de las regiones que más energía consume de todo el territorio nacional. Tanto es así que, a pesar de que apenas ocupa un 1,6 % del territorio español, consume más del 10 % de toda la energía que se utiliza en España.

Para agravar aún más esta situación, se trata de una Comunidad con una singularidad energética que no se da en muchos otros sitios de España, ya que no produce ni el 3 % de la enorme cantidad de energía que consume y, además, cada año incrementa este consumo en un porcentaje superior al 5 %.

Ante esta circunstancia, la Administración autonómica ha realizado un importante esfuerzo durante los tres últimos años para intentar ordenar primero y mejorar después la situación energética de la Comunidad, para lo cual abordó primero la elaboración del Plan Energético de la Comunidad de Madrid 2004-2012. Dicho Plan fija los grandes ejes en los que se han de encuadrar las actuaciones en materia energética para los próximos años, siendo éstos los siguientes:

- Fomentar la energía generada por fuentes renovables y respetuosas con el medio ambiente;
- mejorar la eficiencia de uso de los productos energéticos, propiciando el ahorro en su empleo mediante la propuesta de medidas, tanto de carácter horizontal, como de incidencia directa sectorial;
- adecuar la oferta de productos energéticos a la cobertura de necesidades, mejorando la fiabilidad del suministro de electricidad, gas e hidrocarburos; y
- minimizar el impacto ambiental de nuestro consumo energético, contribuyendo a la reducción de las emisiones de CO₂ energético.

De esta forma, el Plan Energético de la Comunidad de Madrid 2004-2012, establece las líneas de actuación que deben seguirse en todos estos campos, marcando claramente los objetivos a conseguir para cada uno de ellos al final del periodo. Así, para el destinado a potenciar el uso de las energías renovables, se pretende duplicar la energía generada anualmente por las mismas, sobrepasando las 400.000 tep/año al final del Plan; mientras que en lo relativo al fomento del ahorro y la eficiencia energética, fija como meta el reducir en un 10 % el consumo energético en el 2012 respecto del escenario tendencial.

En lo que respecta a la biomasa para usos térmicos, mientras que en el año 2003 la producción de energía térmica mediante biomasa fue de 93,5 ktep, el objetivo fijado por el Plan para el año 2012 es de 120 ktep.

Para alcanzar esta cifra, el Plan prevé la realización de un gran número de actuaciones que abordan la mayor parte de los campos de investigación y aplicación relacionados con la biomasa, una de las cuales es la puesta en marcha de actividades para la promoción de proyectos de demostración de calefacción residencial y de servicios mediante combustible biomásico.

Con este fin se ha elaborado la presente publicación, en la que se muestran las principales características de los sistemas de calefacción modernos y totalmente automatizados que pueden ser instalados en edificios y viviendas, y que utilizan como combustible la biomasa, así como su viabilidad económica y modos de financiación, y los beneficios medioambientales que se obtienen mediante su utilización. También se muestran ejemplos de instalaciones de calefacción utilizando biomasa como combustible que ya se han desarrollado con éxito en España, y casos específicos en la Comunidad de Madrid.

Finalmente, el objetivo de esta Guía es informar de un modo práctico a los propietarios o gestores de edificios y viviendas acerca de los beneficios de la generación de calefacción a través de la biomasa, para impulsar su utilización por nuevos usuarios en la Comunidad de Madrid. Así mismo, conocer estas tecnologías va a favorecer el desarrollo de empresas instaladoras, fabricantes y suministradores de calderas y biocombustibles para este sector.

3 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) CON BIOMASA

LA BIOMASA COMERCIAL

La biomasa es una fuente primaria de energía que tiene una gran diversidad de aplicaciones finales, aunque en la actualidad solamente algunas de éstas pueden considerarse en una fase de desarrollo avanzada para su utilización comercial.



Figura 2:
Biomasa astillada
para combustión
directa.

Mientras la generación de energía eléctrica todavía no tiene una clara rentabilidad, el funcionamiento y economía de los sistemas para producción de calor y agua caliente sanitaria están totalmente demostrados desde hace algunos años.

Aunque existe una gran variedad de combustibles biomásicos, los tipos de biomasa más empleados para sistemas de calefacción son: leña, astillas, pellets, briquetas y los residuos agroindustriales como los huesos de aceituna, cáscaras de frutos secos (almendra, piña, etc.), poda de vid, etc.

Las diferentes propiedades de estos combustibles se muestran en la tabla 1.

CALDERAS DE BIOMASA

La tecnología de las calderas de biomasa ha hecho importantes progresos en la última década. Las emisiones de CO han disminuido desde valores del rango de 5.000 mg/m³ hasta valores de 50 mg/m³ y los rendimientos han alcanzado valores entre un 85 y un 92 %, es decir, del mismo orden que los que presentan las calderas de gasóleo o de gas.

La tecnología actual permite:

- Arranque automático y regulación en función de la demanda.
- Actuación por control remoto para la solución de incidentes y supervisión.
- Adaptación a cualquier sistema de gestión.
- Limpieza automática de las superficies de intercambio.
- Extracción automática de cenizas.

Tabla 1: Propiedades de los combustibles biomásicos

	PCI _{seco} (MJ/kg)	Humedad (% b.h.)	Uso	Precio (€/t)
Leña	14,4 -16,2	20 - 60	Doméstico	90 -120
Astillas	14,4 -16,2	20 - 60	Doméstico Residencial Industrial	36-80
Pellets	18 -19,5	< 12	Doméstico Residencial	150-300
Briquetas	18 -19,5	< 12	Doméstico	150-300
Hueso de aceituna	18	12 - 20	Doméstico Residencial Industrial	60
Cáscara de frutos secos	16,7	8 - 15	Doméstico Residencial Industrial	60
Poda de olivar	17,2	20 - 60	Doméstico Residencial Industrial	36 -50
Poda de vid	16,7	20 - 60	Doméstico Residencial Industrial	36 -60

A continuación se describen las principales tecnologías que se comercializan.

Equipos compactos

Las calderas compactas de biomasa se han diseñado específicamente para su uso en calefacción doméstica, en viviendas unifamiliares o edificaciones. Incluyen sistemas de encendido y limpieza automáticos, que facilitan el manejo del usuario. Normalmente estos equipos son de potencia baja a media (hasta 150 kW).

Calderas con alimentador inferior

Estas calderas disponen de un sistema de alimentación por afloramiento en la zona inferior, y presentan buen rendimiento con biomásas de alta calidad, es decir, poco húmedas y con bajo contenido de cenizas, como pueden ser las astillas secas, los pellets y algunos residuos agroindustriales.

Calderas con parrilla móvil

Este sistema se aplica en calderas de mayor tamaño, que permiten utilizar biomasa de calidad inferior y composición variable, con mayor contenido en humedad y cenizas.



Figura 3:
Caldera compacta.

Este diseño se utiliza generalmente en calderas con una potencia superior a 500 kW, que normalmente utilizan como combustible astillas, corte, residuos agrícolas e, incluso, mezclas de composiciones variables.

Calderas de gasóleo con un quemador de pellets

Cabe la posibilidad de adaptar una caldera de gasóleo existente a biomasa, mediante la incorporación de un quemador de pellets. Este cambio, que permite variar de forma aparentemente sencilla el combustible, puede presentar algunos inconvenientes en el sistema de limpieza y eficiencia de la caldera, que deben acondicionarse antes de realizar el cambio.

Calderas con combustión en cascada

Las calderas con sistema de combustión en cascada disponen de varias etapas sucesivas para la combustión de la biomasa, y tienen una parrilla de configuración similar a una escalera, que favorece la eficiencia y la reducción de los inquemados.

Este sistema se utiliza en calderas de tamaño medio, con combustibles de calidad media y alta, como pueden ser los residuos de almazara o los pellets.

INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN CON BIOMASA

Los sistemas de calefacción con biomasa presentan tecnologías y estructuras de alimentación de combustible distintas en función del tamaño de la instalación o del número de usuarios a los que hay que suministrar calor.

a) Generación de calor mediante plantas de *district heating* (sistemas de calefacción distribuidos)

Las plantas tipo *district heating* (calefacción distribuida) presentan una potencia instalada superior a 500 kW, siendo los valores normales entre 600 y 2.500 kW. Estos sistemas se utilizan para dar calefacción y agua caliente sanitaria a varios edificios y viviendas unifamiliares, a un barrio e, incluso, a poblaciones completas.

Su origen histórico se debe al aprovechamiento del calor residual generado en industrias y plantas de generación de energía eléctrica (cogeneración) situadas en el entorno de poblaciones o en el interior de éstas, con necesidades de ca-

lefacción muy altas. En Europa, se han desarrollado sistemas de este tipo en países del centro y norte principalmente.

Posteriormente, la estructura se ha adaptado a nuevos combustibles con un precio bajo, como es el caso de la biomasa, donde el calor generado se distribuye a un entorno cercano, disminuyendo las pérdidas.

La biomasa utilizada para estos sistemas proviene principalmente de aprovechamientos forestales, aunque también existen proyectos demostrativos con residuos agrícolas.

En España existe como ejemplo de instalación de demostración el *district heating* de Cuellar (Segovia), de 4,5 millones de kcal/h (ver apartado de *Ejemplos Prácticos*).

La estructura de un sistema *district heating* con biomasa se divide en tres partes diferenciadas:

- Suministro de la biomasa.
- Planta de generación de energía.
- Red de distribución y suministro de calefacción a los usuarios.

El suministro de la biomasa normalmente se realiza por uno o varios proveedores independientes de la planta, que son responsables de entregar el combustible en las condiciones adecuadas.

No obstante, normalmente tienen algún vínculo con ésta (por ejemplo participar en su accionariado), que permite asegurar el suministro del combustible por un periodo largo de tiempo, suficiente para amortizar la inversión.

También en ocasiones, la biomasa proviene de montes municipales, participando además el Ayuntamiento en la planta de generación. De este modo, la administración pública local supervisa el correcto funcionamiento del sistema.

El proveedor normalmente entrega la biomasa preparada para alimentar a la caldera. Si la tecnología utilizada lo permite, se entrega en fardos o a granel, sin un tratamiento previo, abaratando así los costes del combustible.

Por lo general, el sistema de control de la central de generación tiene un funcionamiento más estable si la biomasa alimentada tiene un tamaño menor (astillas, corteza, pellet, etc.). Esto facilita la mayor homogenización de la materia prima y una alimentación constante.

La planta de generación de energía tiene como equipo principal la caldera y sus elementos auxiliares. Estas calderas son las de mayor tamaño considerando exclusivamente las calderas para generación de calor en edificios y viviendas. Nor-



Figura 4:
Caldera de biomasa para *district heating* (850 kW).



Figura 5:
Nave para
almacenamiento de
astillas.

malmente la caldera es de parrilla (fija, móvil o en cascada) por ser una tecnología sencilla en su instalación, así como en operación y mantenimiento.

Por lo general, la producción y distribución de calor la realiza una empresa especializada, que es, además, la encargada de contabilizar la cantidad de biomasa entregada en el almacenamiento y la energía suministrada a los usuarios.

En cuanto al personal dedicado a su gestión, excluyendo las labores de mantenimiento (una vez al año en temporada de verano), puede reducirse a una o dos personas, que realizan principalmente labores de supervisión y coordinación.

El calor se *distribuye* mediante un sistema de conductos soterrados, que permiten conducir el agua caliente varios cientos de metros e, incluso, algunos kilómetros.



Figura 6:
Interior de caldera de
parrilla (1.500 kW).

El calor generado en la caldera circula por el circuito primario intercambiando calor con los circuitos secundarios situados en las edificaciones o viviendas de los usuarios, aportando calefacción y agua caliente sanitaria.

Los intercambiadores (normalmente de placas) pueden estar ubicados en la propia planta, si los receptores están lo suficientemente cerca, o bien se sitúan en la acometida de los usuarios.

El control de la energía consumida se realiza mediante un contador de energía situado en el intercambiador.

Además, las temperaturas del agua en cada zona del edificio o vivienda se monitorizan para optimizar el uso de la ener-



Figura 7: Intercambiador de placas.



Figura 8: Supervisión del sistema (detalle de vivienda)

gía, y el sistema de control regula el suministro de todos usuarios, permitiendo tener la información en tiempo real. Esta supervisión permite detectar posibles fugas en la distribución o fallos en la instrumentación.

b) Sistemas de calefacción con calderas de tamaño medio (50-500 kW)

Las calderas de tamaño medio están diseñadas para suministrar calefacción y ACS a un edificio, que puede ser de viviendas, oficinas, hotel, etc. La calefacción y ACS se producen en unas condiciones similares de confort y seguridad a las calderas de gasóleo o gas natural.

Estos sistemas intermedios, al igual que las calderas de mayor tamaño expuestas anteriormente, también se utilizan para dar calefacción a industrias (por ejemplo aserraderos) e instalaciones agrícolas tipo invernaderos.

Los nuevos combustibles de la biomasa densificados, principalmente los pellets (que se describen en detalle más adelante), permiten aumentar las posibilidades de las calderas a cualquier aplicación.

Las instalaciones que incluyen calderas de biomasa de tamaño medio son más sencillas en su gestión, aunque es preciso contar con una empresa especializada en su instalación, operación y mantenimiento.

La tecnología empleada es normalmente la parrilla (fija o en cascada) o la alimentación inferior, que permite obtener rendimientos altos (superiores al 85 %) con un mantenimiento bajo.

Estas calderas utilizan distintos combustibles:

- Subproductos madereros (astillas y trozos de madera).
- Biomasa densificada (pellets).
- Residuos agrícolas (huesos de aceituna, cáscaras de almendra, trozos de piña, etc.).

Uno de los aspectos a tener en cuenta para una instalación de este tipo es el almacenamiento de combustible. Al igual que en un sistema de gasóleo, es preciso disponer de un sistema de almacenamiento y alimentación del combustible situado en un lugar cercano a la caldera.

El sistema de almacenamiento utilizado normalmente es tipo silo, si éste se encuentra en el interior de la edificación, aunque también pueden situarse en un habitáculo situado en el exterior, que hace la función de depósito.



Figura 9:
Edificios de viviendas
con caldera de
biomasa para
calefacción.

Estos sistemas de calefacción precisan también de un suministrador de biomasa que entregue el combustible de forma periódica. El almacenamiento debe tener espacio suficiente para almacenar, al menos, el combustible necesario para una o dos semanas.

Los beneficios de estos sistemas en la edificación son varios, entre ellos el menor precio de la energía entregada (de un 50 a un 100 %), la reducción de los ruidos, y la mejora del medioambiente local.

Su instalación es altamente recomendable en edificaciones con alto consumo de calefacción y ACS, como son los edificios de viviendas, hoteles, etc., donde su rentabilidad es alta.



Figura 10:
Caldera de biomasa
de tamaño medio
(250 kW).



Figura 11: Depósito de almacenamiento exterior

c) Calderas para viviendas unifamiliares (hasta 40 kW)



Figura 12:
Caldera para vivienda
unifamiliar (25 kW).

Para cubrir las necesidades de calefacción y agua caliente sanitaria de viviendas unifamiliares o edificios de tamaño pequeño pueden utilizarse calderas de hasta 40 kW.

Existen en el mercado calderas de 15, 20, 25, 30, 35 y 40 kW, por lo que pueden adaptarse a cualquier usuario.

Estas calderas pueden ser utilizadas como sistema de calefacción normal, con radiadores, suelo radiante, sistemas de aire caliente, etc., y para la producción de agua caliente.

Además de las calderas pueden instalarse las estufas de biomasa, normalmente de potencias entre 8 y 25 kW. La diferencia reside en que las estufas proporcionan calor directo en el lugar donde se instalan (no necesitan radiadores) y se utilizan como elemento decorativo del hogar.

El coste de instalación de una estufa suele ser algo menor, ya que no suele precisar almacén de combustible, el cual se introduce manualmente en la tolva destinada a tal fin.

Estas calderas de pequeño tamaño se alimentan principalmente de astillas o pellets, ya que la alimentación y las dimensiones de la máquina precisan de un ajuste más preciso.

La alimentación en este caso puede ser tanto manual, introduciendo directamente el biocombustible en la tolva que integra la caldera en su parte superior, como automática, utilizando un sistema similar al de las calderas de mayor tamaño.

La diferencia en el almacenamiento reside en el tamaño del mismo, debido a las menores necesidades de calefacción comparado con los otros sistemas.

Además de tolvas o almacenamientos tipo silo, existen algunas novedades en el sector, con sistemas flexibles de instalación más sencilla y coste menor. Entre éstos, se encuentran los almacenamientos de polipropileno, que se alimentan por su parte superior y descargan por la inferior, mediante un sistema neumático, directamente al tolván de alimentación de caldera.



Figura 13: Estufa de pellets.



Figura 14: Tomas para introducción del combustible en el almacén.



Figura 15: Silos de polipropileno para pellets (capacidad de 2 a 5 toneladas).

4 COMBUSTIBLE DE BIOMASA DENSIFICADA (PELLET)



Figura 16:
Pellets de serrín natural

Los sistemas de calefacción con biomasa pueden alimentarse con distintos tipos de combustibles. Los más utilizados son los residuos de maderas naturales pretriturados (astillas, cortezas, etc.), y los residuos agroindustriales como el hueso de aceituna, la pepita de uva o la cáscara de almendra.

Estos combustibles normalmente tienen la ventaja común de su bajo coste, pero sus características son variables, fundamentalmente en lo que se refiere al poder calorífico y la humedad.

Los *pellets* son un biocombustible estandarizado a nivel internacional, tienen forma cilíndrica, y proceden de la pelletización de serrines y virutas. Normalmente las materias primas provienen de serrerías o de otras industrias forestales o agroforestales.



Figura 17:
Planta de pelletización (La Coruña)

El proceso de pelletización consiste en la compactación de la biomasa de madera natural, mediante la aplicación de una gran presión (por encima de 100 bar) con unos rodillos sobre una matriz perforada, a través de la cual se hace pasar el material.

La tecnología de pelletización es relativamente sencilla y está extensamente desarrollada e implantada en otros países europeos, sobre todo del Norte de Europa. En España, donde la tecnología está aún en proceso de expansión, existen plantas que fabrican pellets con una capacidad instalada total cercana a las 70.000 toneladas al año. Estas plantas están situadas en las provincias de Toledo (2) y La Coruña (1).

El proceso de pelletización comprende los siguientes subsistemas o subprocesos:

- Almacenamiento de materia prima.
- Molienda.
- Adecuación del grado de humedad.
- Pelletización.
- Enfriamiento del pellet.
- Envasado.

El *almacenamiento* de la materia prima (en España, serrín, viruta o astillas de maderas nacionales y tropicales) se puede realizar en una nave o también a la intemperie con una cubierta para protegerlo de la lluvia.

Los camiones que la transportan pesan su mercancía al llegar a la planta y la disponen en parvas o montículos en el parque de almacenamiento para su introducción en la siguiente fase del proceso.

La *molienda* se realiza normalmente mediante un molino de martillos, y su función consiste en reducir el tamaño de la materia prima hasta pocos milímetros (<6 mm). La importancia de esta etapa reside en que una adecuada molienda permite un alto grado de compactación y, al mismo tiempo, reduce la producción de finos.

El *grado de humedad* de la materia prima puede corregirse en línea con el resto de subprocesos mediante el uso de un *trommel* o, en caso de ser posible, simplemente añadiendo agua por riego a la materia si ésta es muy seca (como suele ser el caso de las maderas tropicales). En algunas ocasiones, la mezcla de materias primas permite llegar a la humedad óptima de proceso, en el rango del 8-12 %.

El proceso de *pelletización* se basa en la presión ejercida por una serie de rodillos sobre la biomasa, situada sobre una matriz metálica dotada de orificios de calibre variable. Esta placa matriz puede ser plana o anular, variando la capacidad de producción entre 300 y 5.000 kg/h normalmente.

La máquina pelletizadora genera pellets de forma cilíndrica con un diámetro variable de 6-20 mm y una longitud de 20-60 mm, en función de la matriz utilizada y el corte especificado. En ocasiones, una misma planta produce distintos tipos de pellet en función de la demanda y la materia prima disponible.

El pellet producido se encuentra a una temperatura elevada, y su forma y resistencia no están todavía garantizadas en esta etapa del proceso.

La etapa de *enfriamiento* del pellet va a proporcionarle consistencia y dureza, características fundamentales para las etapas posteriores de envasado y transporte. El proceso de enfriamiento puede realizarse introduciendo aire forzado y es preciso dejar reposar el pellet hasta obtener las características adecuadas.

Tras el proceso de enfriamiento, los pellets se transportan (mediante cintas y cangilones) hasta la *tolva de envasado* o el *silo de alimentación para camiones*. Los pellets se transportan y distribuyen en distintos formatos:

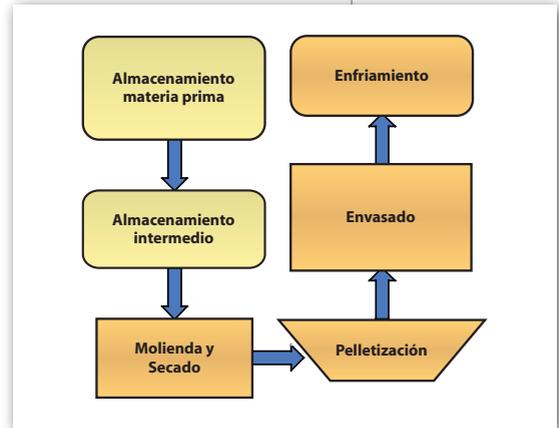


Figura 18:
Proceso de
pelletización.



Figura 19:
Máquina
pelletizadora.

Aunque existen diversos tipos de pellets, hay un estándar europeo, que es utilizado por la gran mayoría de fabricantes de pellets y de calderas. Este pellet tiene las siguientes características:

- En bolsas pequeñas de 15 o 25 kg para estufas y calderas pequeñas con depósito de carga manual o con depósito intermedio.
- En bolsas grandes de 800 a 1.000 kg (*big-bags*) para sistemas de almacenamiento con silo.
- A granel mediante camiones cisterna, desde los cuales el pellet se bombea directamente al depósito de almacenaje. Este sistema es el más rápido y económico, aunque en España todavía no está generalizado.



Figura 20:
Formatos para
distribución de pellets.

- Densidad promedio (700 kg/m^3) muy superior a la de los combustibles no prensados de madera como las astillas (aproximadamente $200\text{-}300 \text{ kg/m}^3$). La elevada densidad les proporciona una ventaja de cara al transporte y al almacenamiento. Por otro lado, presentan una alta durabilidad, por lo que no se deterioran en su manejo.
- Bajo contenido de humedad, en torno al 6-8 %.
- Elevado poder calorífico que depende de la materia con la que están hechos pero que, en la mayoría de los casos, alcanza valores en torno a $4.000 - 4.500 \text{ kcal/kg}$, debido a su alto grado de compactación y a su bajo contenido en humedad. *Dos kilogramos de pellets equivalen aproximadamente a un litro de gasóleo.*
- Bajo contenido en cenizas (en torno al 0,5 %), por lo que se reducen las operaciones de limpieza y mantenimiento de los equipos.
- Debido a su tamaño fino, tienen una alta superficie específica, lo que minimiza la temperatura de encendido, optimiza las fases de la combustión y permite una combustión más limpia.
- Debido a su forma, tamaño y composición, los pellets son un combustible especialmente indicado para aplicaciones domésticas y residenciales por los elevados requerimientos que se les exige en su producción, uso y almacenamiento.



Figura 21:
Camión cisterna.

Tabla 2: Comparación de astillas y pellets de madera

	Pellets de Madera	Astillas de Madera
Poder Calorífico Inferior		
- por kg	4,7 kWh/kg	2,7 kWh/kg
- por m^3	3.290 kWh/ m^3	675 kWh/ m^3
Humedad	8 %	50 %
Densidad	700 kg/m^3	250 kg/m^3
Contenido en cenizas	0,5 %	1,0 %

5 CALDERAS AUTOMÁTICAS ALIMENTADAS CON PELLETS

En el capítulo anterior se han destacado las ventajas de utilizar la biomasa densificada (pellets) como combustible. La tecnología para su aprovechamiento está actualmente muy desarrollada y la calefacción mediante pellets resulta una opción atractiva y rentable.

Debido a la homogeneidad del pellet como combustible, su grado de compactación y su elevado poder calorífico, las calderas diseñadas específicamente para este biocombustible son más compactas y eficientes que el resto de las calderas de biomasa.

ASPECTOS GENERALES

Las calderas de pellets se presentan en distintas tecnologías, tamaños y grados de automatización dependiendo principalmente de su uso final. En este apartado se presentan los principales aspectos generales que afectan a todas ellas.

Selección de la caldera

En el proceso de selección de una caldera de pellets deben considerarse las siguientes características, que van a repercutir en su uso habitual:

- Fiabilidad del sistema, es decir, que la tecnología ha superado la fase de demostración.
- Rendimiento de la combustión, que debe ser alto para reducir los consumos y mejorar la eficiencia.
- Emisiones de gases y partículas dentro de la normativa vigente.
- Sistema de control y regulación de la caldera de funcionamiento sencillo.
- Automatización de los sistemas de limpieza o, en su defecto, escasa necesidad de la misma.
- Fácil operación y mantenimiento, y posibilidad de contacto con empresas de servicios que cubran estos aspectos.



Figura 22:
Caldera automática
de pellets

- Garantía en el suministro de pellets, o asesoramiento para su adquisición en el corto y medio plazo.

Almacenamiento de combustible y sistema de alimentación

Existen distintas posibilidades de almacenamiento de los pellets. La elección del sistema y el volumen de almacenamiento depende de varios factores: características de los sistemas de distribución y suministro de biomasa, necesidad anual de pellets, espacio disponible para caldera y almacén, etc.



Figura 23:
Sección de
almacenamiento
tipo silo.

Las calderas más pequeñas (hasta 60 kW) debido a su menor consumo, pueden disponer de un almacenamiento propio tipo tolva en la parte superior o en el lateral de la propia caldera, con pellets para varios días.

Para calderas de pellets de cualquier tamaño, existen diversas posibilidades de almacenamiento. Una forma habitual es almacén en silo, bien en superficie o subterráneo, desde donde el combustible es transportado hasta la caldera por un tornillo sinfín. Este tipo de almacén tiene la ventaja de poder utilizar habitáculos disponibles y adaptarlos de forma sencilla a almacén de pellets.



Figura 24:
Caldera y almacén
de pellets en
contenedores.



Figura 25: Almacenamiento intermedio de biomasa.

También existen almacenes tipo contenedor, que se sitúan al lado del edificio y la caldera, y que permiten un transporte modular sencillo. Estos sistemas son de fácil instalación y no exigen realizar una obra para adecuar un silo, aunque su disponibilidad a nivel nacional es todavía escasa.

Algunos sistemas de calefacción disponen de un almacenamiento intermedio, que en calderas de baja potencia puede utilizarse como almacén único. Su ventaja reside en el poco espacio que ocupa, junto con su elevada integración con la caldera. La principal desventaja es su menor capacidad, aunque esto puede no ser problemático si se dispone de suministro habitual.

En función del tipo de almacenamiento, existen distintos sistemas de transporte de pellets hasta la caldera, principalmente:

- Suelo inclinado con un tornillo sinfin (es uno de los más utilizados).
- Rascadores giratorios. El almacén debe ser redondo o cuadrado para evitar espacios muertos. Además de los pellets, este sistema admite otros tipos de biomasa.
- Suelo inclinado con un sistema de alimentación del combustible neumático. Es el sistema más económico y sólo está disponible para pellets. La alimentación neumática permite el almacenaje en una habitación situada hasta a 15 m de distancia de la sala de calderas.

En cuanto al sistema de alimentación de combustible a la zona de combustión existen fundamentalmente dos sistemas: los de alimentación inferior y los de alimentación superior. En los primeros es fácil controlar la cantidad de biomasa presente en la parrilla, mientras que los segundos tienen la ventaja de reducir la producción de cenizas al mantener un lecho de combustión más homogéneo y compacto.

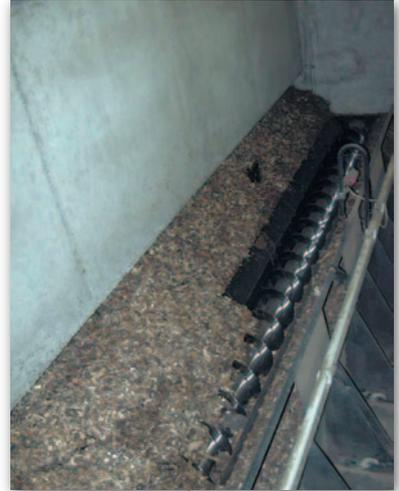


Figura 26: Sistema de alimentación mediante tornillo sinfin.

Intercambiador de calor

El intercambiador de calor está compuesto de un haz de tubos normalmente verticales que permiten la transferencia de calor entre los humos y el agua. En este sentido, se pueden distinguir dos tipos de calderas:

- *Pirotubulares*: los humos circulan por dentro de los tubos y el agua los rodea. En este caso la cámara de combustión ha de estar separada del intercambiador.
- *Acuotubulares*: los gases de combustión van por fuera de los tubos y por dentro de ellos se conduce el agua.

La mayoría de los modelos actuales de calderas están dotadas de un dispositivo de limpieza de cenizas automática (accionada con un motor) o semiautomática (accionada con una palanca) del intercambiador de calor que permite un elevado grado de eficiencia.



Figura 27: Vista superior del intercambiador de calor.

Sistema de combustión

La zona de combustión está formada generalmente por el quemador, la cúpula de distribución de gases de alta temperatura y la zona de combustión.



Figura 28:
Zona de combustión.

Algunas calderas tienen un sensor de nivel del combustible que detecta la cantidad de éste necesaria en cada momento (en función del tipo de combustible utilizado y de la potencia de calefacción), que supone un importante parámetro de regulación para una eficaz utilización del sistema de calefacción.

Sistemas de seguridad

Las calderas de pellets, como cualquier tipo de caldera, disponen de sistemas de seguridad.

Algunos de los dispositivos con los que puede estar dotada una caldera de biomasa son los siguientes:

- Compuerta de cierre estanca para evitar el peligro de retroceso de la combustión.
- Rociador de extinción de emergencia.
- Interruptor de control de temperatura.
- Dispositivo de limitación de los niveles máximo y mínimo de combustible en el quemador.
- Dispositivo de control de la temperatura.
- Equipos con turbinas de circulación de aire y termostato que pone en funcionamiento un ventilador al alcanzar el aire una temperatura determinada, para evitar sobrecalentamientos.

En general, los sistemas de seguridad están preparados para que puedan actuar incluso en situaciones de falta de suministro.

Sistema de retirada de cenizas

La retirada de cenizas se puede realizar de forma manual o automática.

En calderas medianas/grandes la retirada de ceniza se realiza mediante tornillos sinfín de extracción. La ceniza es llevada a un contenedor externo de dimensión fija donde se produce su compactación.

Las cenizas de pellets de madera natural pueden utilizarse como abono para jardines y plantas.

Sistema de regulación

Los sistemas de regulación y control son los encargados de optimizar en cada momento las condiciones de operación de la caldera para ofrecer un

grado de confort adecuado. El uso de microprocesadores aporta la posibilidad de adaptar estas condiciones a la demanda de energía que se precisa en cada momento.

Las calderas de pellets, así como las que además permiten el uso de otros tipos de biomasa, disponen de un sistema de regulación que ajusta el caudal de aire de combustión a la cantidad de combustible introducido, para conseguir la relación de combustión óptima.

En general, las calderas disponen de sistemas de menús que permiten a los usuarios realizar la programación del sistema de calefacción, estableciendo la temperatura de agua, la temperatura de calefacción o el momento de arranque y parada de la caldera.

El sistema de control realizará la supervisión y adecuación de los parámetros de la caldera, circuitos de calefacción, circuitos de ACS, etc., a la demanda existente en cada momento.

SISTEMAS DE PEQUEÑA POTENCIA

En el caso de viviendas unifamiliares las calderas o estufas de pellets empleadas son equipos compactos de potencias de hasta 70 kW.

Estas calderas están diseñadas para transferir el calor generado por radiación y convección de aire caliente en la propia estancia donde se coloca el equipo, o también para generar agua caliente para calefacción o ACS. Generalmente son equipos con alto grado de rendimiento, por encima del 90 %.

Las calderas de baja potencia pueden admitir un depósito o tolva de combustible, por lo que no es necesario disponer de un lugar adicional para el almacenamiento de la biomasa. La capacidad de la tolva depende de la potencia y del modelo de caldera.

Para una potencia de 25 kW suele estar comprendida entre 40 kg y 60 kg lo que proporciona una autonomía de alrededor de 30 horas. La carga de los pellets se suele realizar por la parte superior, salvo en algunos modelos encas-trables en chimeneas que admiten carga frontal.

Las calderas de pellets de pequeña potencia también admiten sistemas de almacenamiento para mayor autonomía. Resultan de particular interés los almacenamientos flexibles tipo silo de polipropileno, por su bajo coste e instalación sencilla.



Figura 29:
Ejemplo de equipos compactos de pellets.



Figura 30:
Esquema de caldera
de pellets de 25 kW.

En general este tipo de calderas incorpora las siguientes prestaciones:

- Programador de funcionamiento, que permite el encendido y apagado del equipo.
- Panel sinóptico de control del equipo, desde donde se pueden fijar los parámetros de funcionamiento.
- Algunos modelos disponen de encendido a distancia mediante teléfono móvil.
- Fácil limpieza o sistema de limpieza automática.
- Regulación automática de la combustión en función de las demandas de calefacción.
- Algunos modelos son policombustibles, permitiendo el consumo de otras biomásas además de pellets.
- Adaptables a revestimientos de chimeneas.
- Depósitos de cenizas para facilitar la limpieza.

Calderas de pellets con tecnología de condensación

Actualmente se están desarrollando calderas pequeñas (de menos de 30 kW) que incorporan la tecnología de condensación.

Estas calderas recuperan el calor latente de condensación contenido en el combustible bajando progresivamente la temperatura de los gases hasta que se condensa el vapor de agua en el intercambiador.

Mediante esta tecnología, el ahorro de combustible es del 15 % respecto a una combustión tradicional y el rendimiento de la caldera se eleva hasta un 103 % (PCS).



Figura 31:
Caldera de pellets
con tecnología de
condensación.

SISTEMAS DE POTENCIA MEDIA-ALTA

En comunidades de vecinos, hoteles, grandes edificios, etc., con demandas térmicas más elevadas, se emplean calderas de pellets de mayor tamaño, con potencias comprendidas entre 100 y 1.000 kW.

Estas calderas generan agua caliente, y producen el calor necesario para suministrar al edificio (también pueden ser varios edificios o viviendas) toda su demanda de calefacción y de agua caliente.

Son equipos con elevados rendimientos y muy bajas emisiones, y su utilización es creciente en España debido al incremento de los precios del gasóleo y del gas natural.

Los pellets son alimentados a la caldera desde el almacén o silo de forma automática, normalmente mediante un tornillo sinfin. Este almacén se situa gene-

ralmente anexo a la sala de calderas, aunque, como se ha descrito anteriormente, existen diferentes opciones.

La tecnología de este tipo de calderas está ampliamente desarrollada. En general, disponen de los siguientes elementos:

- Alimentación automática de combustible.
- Zonas de combustión compactas y eficientes.
- Limpieza automática del intercambiador de calor.
- Regulación automática del aire de combustión para mantener la relación adecuada de combustible-comburente.
- Sistemas de regulación y control de los parámetros de operación.
- Sistemas de seguridad.
- Extracción automática de cenizas, generalmente mediante tornillos sin fin, y posterior prensado en contenedor externo.

En caso de ser necesario, estas calderas pueden combinarse con otros sistemas renovables, como energía solar térmica e, incluso, con otras calderas de combustibles fósiles.



Figura 32: Caldera de pellets (admite otros combustibles) de 250 kW de potencia.



Figura 33: Caldera de pellets de 150 kW.

6 SISTEMAS MIXTOS BIOMASA-SOLAR

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS MIXTOS BIOMASA-SOLAR TÉRMICA

La combinación de una caldera de biomasa con un sistema de energía solar térmica es una opción particularmente atractiva que puede suministrar todas las necesidades de calefacción y agua caliente sanitaria de una instalación.



Figura 34: Instalación mixta de biomasa y solar térmica en pabellón de deportes.

Debido a que la energía solar no es constante, es siempre necesario disponer de un sistema auxiliar de apoyo. La sustitución de las calderas convencionales por calderas de biomasa como sistema de apoyo permite reducir la emisión de gases contaminantes.

Además de ventajas ecológicas (cubrir la demanda térmica únicamente con energías renovables), esta solución energética permite la reducción de la factura. En España, la eliminación o limpieza de los residuos forestales supone en muchas ocasiones un coste adicional para los Ayuntamientos. El uso de una caldera de biomasa permite utilizar estos residuos como combustible, eliminando dicho coste.

Durante la época de verano, con bajo consumo de energía térmica, la instalación solar puede proporcionar el 100 % de la energía demandada y la instalación de biomasa puede permanecer parada, reduciendo sus costes de mantenimiento, sus emisiones y las pérdidas de energía.

Durante la época de invierno, el sistema de biomasa se emplea para proporcionar la energía que no puede obtenerse del Sol.

La instalación solar puede ser empleada tanto para ACS como para calefacción, además de para otros usos, como el calentamiento del agua de piscinas o la climatización mediante generación de frío con máquinas de absorción.

En España estas aplicaciones mixtas deben cumplir los siguientes requisitos:

- Consumir prioritariamente la energía solar evitando las pérdidas por acumulación.
- Asegurar la correcta complementariedad entre la energía solar y la energía auxiliar (biomasa).
- No juntar la energía solar con la energía auxiliar (biomasa) menos en casos justificados.
- Nunca debe mezclarse el agua caliente sanitaria con el agua para calefacción.

Existen distintos esquemas de conexión entre la instalación solar y el sistema de biomasa:



Figura 35:
Campo de captadores
solares

EQUIPOS COMPACTOS BIOMASA-SOLAR

Existen en el mercado sistemas compactos de producción de ACS y calefacción mediante biomasa y energía solar. En estos equipos, tanto la caldera de biomasa como los captadores solares, están conectados al mismo acumulador solar estratificado.

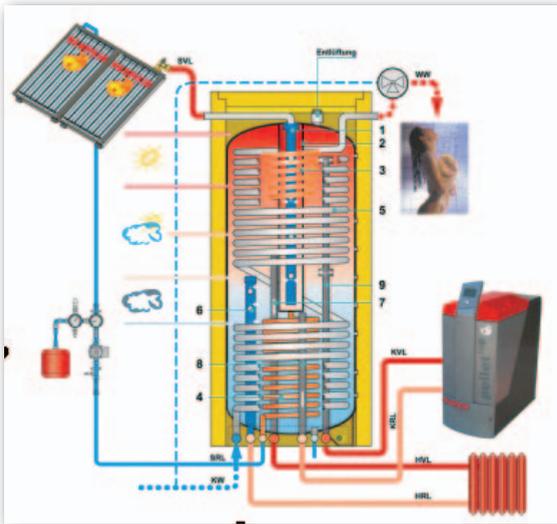


Figura 36: Esquema del acumulador solar.



Figura 37:
Equipo
compacto
biomasa-solar.

Los gases de humos calientes de la caldera se hacen pasar a través de dos tubos que pasan a media altura horizontalmente a través del acumulador. Estos tubos sirven por lo tanto de intercambiador de calor entre los gases de humos y el agua de calefacción.

El acumulador dispone de dos intercambiadores aislados térmicamente que permiten el uso de las dos energías renovables.

INSTALACIÓN CON ACUMULADORES SEPARADOS

Los sistemas mixtos de energía solar térmica y biomasa no compactos incluyen un acumulador de agua caliente producida por los captadores solares que no está conectado a la caldera de biomasa. El aporte de energía del sistema de biomasa se realiza en un segundo depósito (depósito de inercia) que dependerá del uso final de la instalación. Se pueden distinguir dos esquemas:

Calefacción sin producción de agua caliente sanitaria

La instalación solar se emplea como apoyo de la caldera de biomasa. El agua de retorno de la calefacción, antes de pasar a la caldera, es precalentada por el sistema solar, de forma que el salto de temperatura necesario en la caldera de biomasa se reduce, aumentando su rendimiento.

Calefacción y producción de agua caliente sanitaria

El calor producido por los captadores solares es empleado para calentar un depósito de agua para el consumo de ACS. Los sobrantes de calor van a parar a un depósito de inercia que es aprovechado para la calefacción. Cuando no hay energía suficiente procedente de los captadores solares, la caldera de biomasa (conectada también a este depósito de inercia) añade el resto.

ASPECTOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA COMBINADO DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y BIOMASA:

1. *Diseño*: se conseguirá una mayor adaptación del sistema solar si ésta se considera en la etapa de diseño del edificio.
2. *Temperatura de retorno*: el rendimiento del sistema solar será mayor cuanto más fría esté el agua de retorno. Así mismo, cuanto más baja sea la temperatura de uso también será mayor el rendimiento y menor será la necesidad de la caldera de biomasa. Por tanto, es preferible instalar sistemas de calefacción a baja temperatura (por ejemplo: suelo radiante).

7 ASPECTOS ECONÓMICOS, AYUDAS Y VIABILIDAD

Aunque los sistemas de biomasa tienen un modo de funcionamiento similar a los sistemas convencionales de gasóleo o gas, son sistemas menos conocidos y su puesta en marcha requiere un mayor esfuerzo para informar a los inversores y usuarios.

Para conocer la viabilidad económica de una caldera de biomasa es necesario considerar algunos aspectos específicos, que se describen a continuación.

A) CONSIDERACIONES PREVIAS

Disponibilidad de espacio

Un sistema de calefacción con biomasa tiene unas exigencias de espacio mayores que un sistema convencional. En general, es necesario disponer de espacio suficiente para la caldera, el almacén y sistema de almacenamiento de combustible, y el acceso para el suministro de éste (salvo en los casos de calderas que incorporan el depósito de combustible).

Por tanto, en un edificio existente que no disponga de espacio suficiente, la instalación de un sistema de biomasa será más costoso.

En el caso de edificios que se encuentren en la fase de diseño será importante tener en cuenta los siguientes requerimientos.

Disponibilidad de suministro del combustible

Una de las consideraciones más importantes para la instalación de los sistemas de calefacción con biomasa es el aseguramiento del suministro de combustible. Debe asegurarse el suministro a medio-largo plazo con una calidad de la biomasa alta y constante, antes de su establecimiento.

Aunque la disponibilidad de biomasa es abundante en España, aún no está organizado su suministro de forma efectiva, y se desconoce en gran medida la producción de biomasa existente y su gran potencial.

Un biocombustible adecuado puede proceder de la industria agroforestal local, que produzca biomasa residual, de los residuos forestales municipales, de residuos de cultivos agrícolas, transformación de la madera, etc.

Es de destacar que en España se exporta el 90 % de los pellets estándar que se producen (25.000 t/año) a países como Italia o Portugal, con unas condiciones climáticas similares a las nuestras.

La dificultad en el suministro disminuye sensiblemente cuando se emplean pellets como combustible. Su elevada densidad facilita su transporte a largas distancias (lo que no ocurre con la astilla u otras biomásas a granel) y permite el empleo de sistemas automáticos de alimentación y dosificación lo que amplía las posibilidades de almacenamiento.

Mantenimiento de la caldera

Cuando no se emplean calderas de biomasa con sistemas automáticos de limpieza, es necesario planificar la retirada periódica de las cenizas de los intercambiadores de calor.

Otra de las tareas de mantenimiento en el caso de las calderas de biomasa es la necesidad de vigilar el nivel de combustible en el almacenamiento y planificar su reposición adecuadamente para evitar la falta de suministro.

Estimación de la potencia y necesidades de combustible

El cálculo adecuado de la demanda térmica del edificio al inicio del diseño del proyecto tiene una influencia considerable tanto económicamente como en el adecuado funcionamiento del sistema.

Si el sistema de calefacción con biomasa sustituye a un sistema de calefacción de un edificio existente, la demanda anterior de combustible es la mejor base para el cálculo de la demanda y también de la potencia requerida (que frecuentemente no se corresponde con la potencia de las calderas existentes).

Si el sistema va a instalarse en un edificio de nueva construcción la potencia térmica y la demanda de calefacción se deben calcular considerando los datos de aislamiento, así como la demanda del agua caliente.

B) ESTIMACIONES ECONÓMICAS

La calefacción con biomasa es, normalmente, económicamente viable en el medio plazo, pues los biocombustibles son significativamente más baratos que los combustibles fósiles. Sin embargo, los costes de inversión son más elevados que en los sistemas convencionales.

Coste de combustible

Si se compara el coste de combustible necesario para producir 10.000 kcal con un sistema convencional de gasóleo y con un sistema de biomasa, los resultados que se obtienen son los siguientes:

	Biomasa densificada	Gasóleo
Cantidad	2,2 kg	1 l
Precio	30 c€	65 c€

En la tabla anterior se ha tomado un valor medio del precio de la biomasa densificada (la de mayor coste).

Por tanto, 2,2 kg de biomasa producen la misma cantidad de energía que 1 l de gasóleo, y su coste es aproximadamente la mitad.

Tabla 4: Coste de instalación de calderas de biomasa con distintas potencias
(Valores medios calculados, año 2005)

INSTALACIÓN DE CALDERA DE BIOMASA (cifras en EUROS)	50 kW	100 kW	325 kW
Caldera de biomasa	4.500	6.000	16.210
Automatismos funcionales Equipo transportador de combustible desde el silo de almacenamiento hasta la tolva pulmón, bancada para sistema de combustión, sistema de aporte del comburente, sistema de encendido automático, y sistema de recogida de cenizas automatico	1.800	2.250	8.550
Entronque de chimenea, chimenea y sonda auxiliar	758	947	3.600
Expansión y montaje hidráulico Suministro y montaje de: las redes de tuberías, acometidas de agua fría, llenado, vaciados y expansiones; depósito de expansion; manómetros, presostatos, valvulas, contadores y otros medidores	696	870	3.305
Bomba de circulación para circuito calefacción	353	441	1.676
Instalación eléctrica	1.000	1.251	4.752
Ventilaciones	394	492	1.871
Sistema contra incendios	151	188	715
Sistema de control y regulación	722	903	3.431
Aislamiento y calorifugado	260	325	1.235
PRESUPUESTO TOTAL (sin IVA)	10.634	13.667	45.345
PRESUPUESTO TOTAL (con IVA)	12.335	15.854	52.600

Al sustituir una caldera de gasóleo por una caldera alimentada con biomasa se pueden obtener ahorros de hasta un 50 %.

Coste de la caldera y la instalación

La inversión necesaria para instalar tres calderas de biomasa tipo de 50 kW, 100 kW y 325 kW, se detalla en la Tabla 4.

En dicha tabla se incluyen el coste de la caldera y los costes correspondientes a los sistemas auxiliares y a la instalación.

C) SUBVENCIONES Y AYUDAS

Subvenciones de las Comunidades Autónomas y entidades locales

Las Comunidades Autónomas publican anual o bianualmente una campaña de ayudas para proyectos e instalaciones de energías renovables, donde se incluyen las aplicaciones térmicas de la biomasa para edificios.

En la Comunidad de Madrid, la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, a través de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, publica regularmente la convocatoria de ayudas para promover actuaciones de uso racional de la energía y la utilización de fuentes de energía renovables, incentivando el autoabastecimiento energético y la protección del medioambiente.

En la convocatoria más reciente (2006), las ayudas para actuaciones en el ámbito de la biomasa y residuos consisten en un 30 % de la inversión.

Por otro lado, el Ayuntamiento de Madrid está concediendo subvenciones para la sustitución de calderas de carbón, tanto individuales como colectivas, por calderas de gas natural, gasóleo, instalaciones solares térmicas y calderas de biomasa, dentro del municipio de Madrid. En el caso de la sustitución por una caldera de biomasa la subvención alcanza el 22,5 % de la inversión.

Línea de financiación a través de Avalmadrid, S.G.R.

Tiene como objetivo fomentar la promoción de las energías renovables en la Comunidad de Madrid, facilitando el acceso, a PYMES y autónomos, a una financiación preferente a bajo coste y largo plazo.

En particular, esta línea está dirigida a instalaciones de energía solar térmica, solar fotovoltaica, eólica, aprovechamiento de biomasa y residuos, geotérmica, hidráulica e instalaciones mixtas.

Los beneficiarios podrán ser todas aquellas PYMES y autónomos que cumplan los siguientes requisitos:

1. Ejercer su actividad y realizar la inversión objeto de la ayuda, en el ámbito territorial de la Comunidad de Madrid. Especial incidencia en Zona objetivo 2 del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y Zona Transitoria.

2. No pertenecer a alguno de los sectores sujetos a la “Norma de minimis” de la Unión Europea (Reglamento CE 69/2001, de 12 de enero): Transporte, producción y transformación y/o comercialización al por mayor de productos agroalimentarios, acuicultura, pesca y productos CECA.

Las condiciones Financieras son:

- Tipo de Interés: EURIBOR + 0,5 y con bonificación hasta 2 puntos del tipo de interés (por ejemplo, si Euribor + 0,5 % se sitúa en un 4 %, el interés aplicable sería el 2 %).
- Comisión de Apertura: 0,5 % (Bonificada).
- Sin coste de aval, gastos de estudio y apertura.
- Plazo: Préstamo hasta 10 años, Leasing hasta 10 años.
- Importe Máximo: 600.000 €.
- Participaciones sociales: 1 % (recuperables a la cancelación de la operación).

D) ESTUDIO FINANCIERO

Considerando los casos particulares de las tres calderas detalladas anteriormente se ha procedido a realizar el cálculo de la rentabilidad económica de la inversión.

Puesto que la concesión de ayudas va a depender de las características de las instalaciones y la ayuda solicitada, existen una gran variedad de posibles datos de partida. No obstante, los estudios financieros realizados consideran los siguientes supuestos:

Tabla 5: Rentabilidad de una caldera de biomasa de 50 kW (30 % subvención)	
Caldera 1 P = 50 kW	
Consumo gasóleo (€/año)	4.660
Consumo biomasa (€/año)	2.330
Ahorro en combustible (€/año)	2.330
Inversión (€)	12.335
Subvención 30 % (€)	3.701
Inversión total (€)	8.634
Periodo de retorno (años)	3,7

Tabla 6: Rentabilidad de una caldera de biomasa de 100 kW (30 % subvención)	
Caldera 2 P = 100 kW	
Consumo gasóleo (€/año)	9.400
Consumo biomasa (€/año)	4.660
Ahorro en combustible (€/año)	4.740
Inversión (€)	15.854
Subvención 30 % (€)	4.756
Inversión total (€)	11.098
Periodo de retorno (años)	2,3

- a) Concesión de una subvención del 30 % de la inversión.
- b) Concesión de una financiación del 80 % restante mediante financiación de Avalmadrid.

a) Concesión de una subvención del 30 % de la inversión

Los resultados para cada una de las tres calderas considerando una subvención del 30 % de la inversión son los recogidos en las tablas 5, 6 y 7.

El consumo anual de combustible de gasóleo y de biomasa se ha estimado basándose en otras experiencias.

En los resultados anteriores puede verse que aunque la inversión necesaria para instalar un sistema de calefacción por biomasa es elevada, el ahorro en combustible, tomando como referencia el gasóleo, y la subvención hacen viable la inversión.

Tabla 7: Rentabilidad de una caldera de biomasa de 325 kW (30 % subvención)	
Caldera 3 P = 325 kW	
Consumo gasóleo (€/año)	30.300
Consumo biomasa (€/año)	15.145
Ahorro en combustible (€/año)	15.155
Inversión (€)	52.600
Subvención 30 % (€)	15.780
Inversión total (€)	36.820
Periodo de retorno (años)	2,4

b) Financiación del 80 % restante mediante financiación de Avalmadrid (ver figuras 38, 39 y 40)

Figura 38.a: Rentabilidad de una caldera de biomasa de 50 kW (Financiación 80% Avalmadrid).

PLAN FINANCIERO PARA INSTALAR UNA CALDERA DE BIOMASA DE 50 KW		
CALDERA DE GASOLEO (SITUACIÓN ACTUAL)		
Coste gasoleo anual (EUR)		4.660,00
CALDERA DE BIOMASA (NUEVA SITUACIÓN)		
Coste pellets anual (EUR)		2.330,00
PLAN FINANCIERO PARA INSTALACIONES CON SUBVENCIÓN		
Caldera de biomasa: 50 kW		
Coste instalación (€) (sin IVA)		12.335
Subvenciones		
SUBVENCIÓN COMUNIDAD DE MADRID	0%	0
TOTAL SUBVENCIÓNES		0
Financiación Avalmadrid		
Financiación Avalmadrid (80% inversión)		9.868,00
Inversión inicial (20%)		-2.467,00
TIPO DE INTERÉS CONSIDERADO	2,00%	
PLAZO AÑOS	10	
CUOTA MENSUAL		90,80
EURIBOR A SEIS MESES	3,50%	

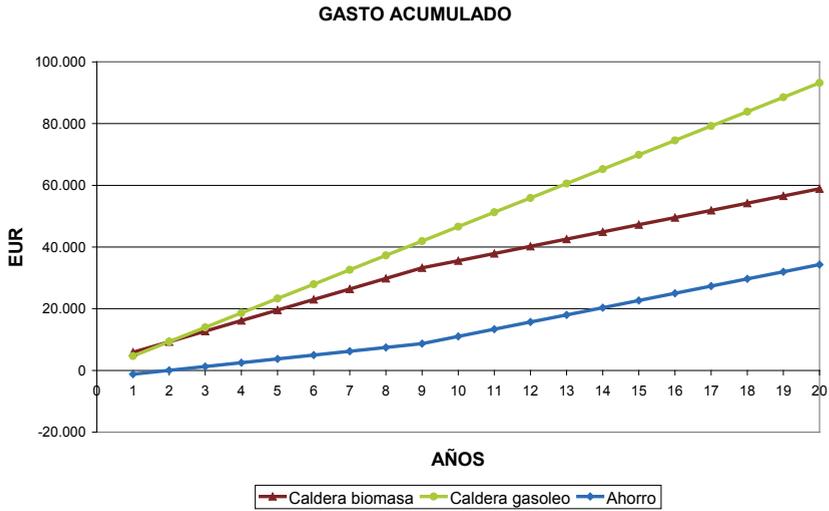


Figura 38.b:
Rentabilidad de una caldera de biomasa de 50 kW (Financiación 80 % Avalmadrid) - Gráfico de gasto acumulado

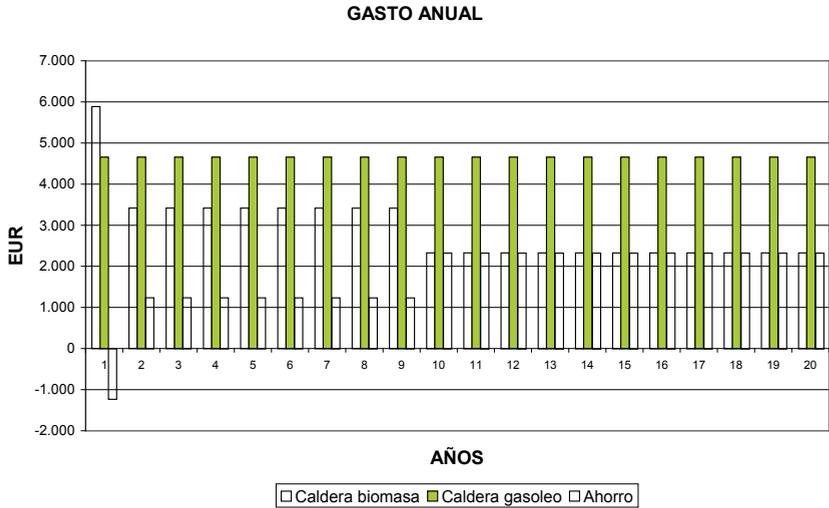
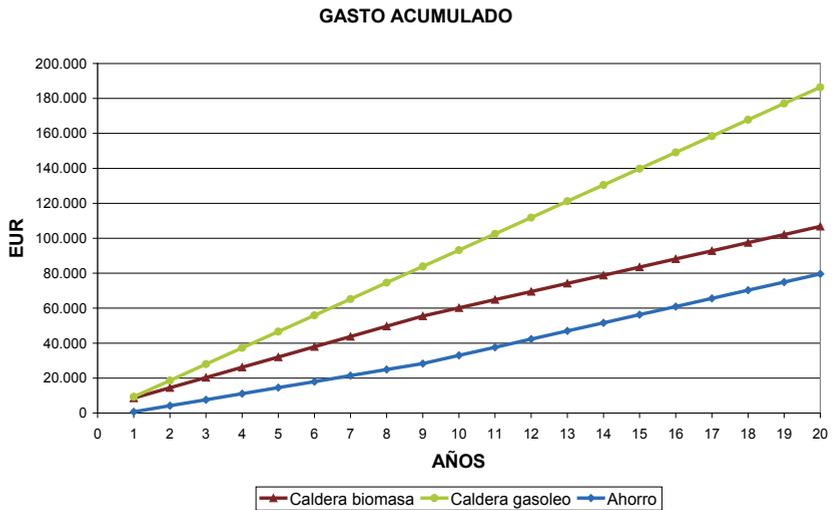


Figura 38.c:
Rentabilidad de una caldera de biomasa de 50 kW (Financiación 80% Avalmadrid) - Gráfico de gasto anual (flujo de caja).

Figura 39.a:
Rentabilidad de
una caldera de
biomasa de 100 kW
(Financiación 80%
Avalmadrid)

PLAN FINANCIERO PARA INSTALAR UNA CALDERA DE BIOMASA DE 100 kW		
CALDERA DE GASOLEO (SITUACIÓN ACTUAL)		
Coste gasoleo anual (EUR)	9.320,00	
CALDERA DE BIOMASA (NUEVA SITUACIÓN)		
Coste pellets anual (EUR)	4.660,00	
PLAN FINANCIERO PARA INSTALACIONES CON SUBVENCIÓN		
Caldera de biomasa: 100 kW		
Coste instalación (€) (sin IVA)	13.667	
Subvenciones		
SUBVENCIÓN COMUNIDAD DE MADRID	0%	0
TOTAL SUBVENCIONES		0
Financiación Avalmadrid		
Financiación Avalmadrid (80% inversión)		10.933,60
Inversión inicial (20%)		-2.733,40
TIPO DE INTERÉS CONSIDERADO	2,00%	
PLAZO AÑOS	10	
CUOTA MENSUAL		100,60
EURIBOR A SEIS MESES	3,50%	

Figura 39.b:
Rentabilidad de
una caldera de
biomasa de 100 kW
(Financiación 80 %
Avalmadrid) - Gráfico
de gasto acumulado.



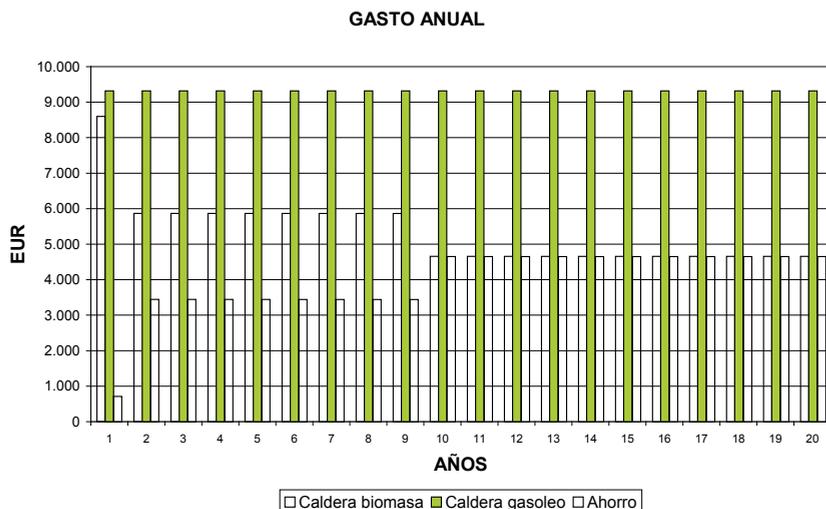


Figura 39.c: Rentabilidad de una caldera de biomasa de 100 kW (Financiación 80 % Avalmadrid) - Gráfico de gasto anual (flujo de caja).

PLAN FINANCIERO PARA INSTALAR UNA CALDERA DE BIOMASA DE 325 kW	
CALDERA DE GASOLEO (SITUACIÓN ACTUAL)	
Coste gasoleo anual (EUR)	30.300,00
CALDERA DE BIOMASA (NUEVA SITUACIÓN)	
Coste pellets anual (EUR)	15.150,00
PLAN FINANCIERO PARA INSTALACIONES CON SUBVENCIÓN	
Caldera de biomasa: 325 kW	
Coste instalación (€) (sin IVA)	45.345
Subvenciones	
SUBVENCIÓN COMUNIDAD DE MADRID	0%
TOTAL SUBVENCIONES	0
Financiación Avalmadrid	
Financiación Avalmadrid (80% inversión)	36.276,00
Inversión inicial (20%)	-9.069,00
TIPO DE INTERÉS CONSIDERADO	2,00%
PLAZO AÑOS	10
CUOTA MENSUAL	333,79
EURIBOR A SEIS MESES	3,50%

Figura 40.a: Rentabilidad de una caldera de biomasa de 325 kW (Financiación 80% Avalmadrid).

Figura 40.b:
Rentabilidad de
una caldera de
biomasa de 325 kW
(Financiación 80 %
Avalmadrid) - Gráfico
de gasto acumulado.

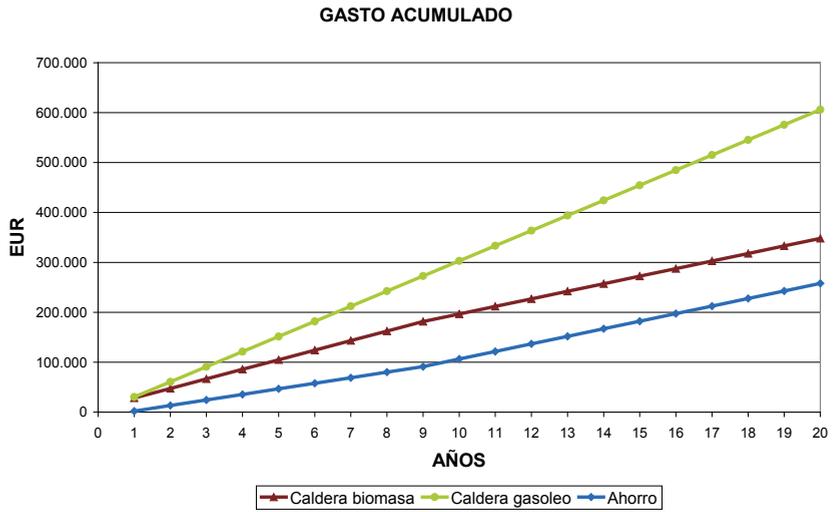
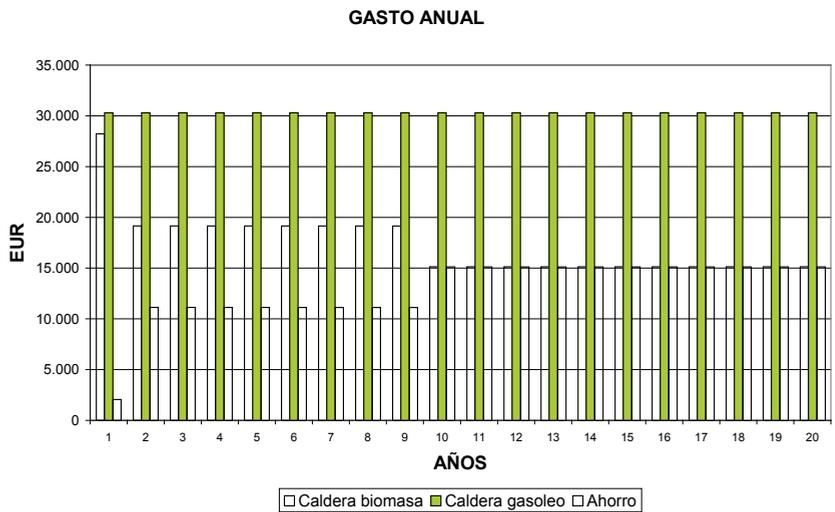


Figura 40.c:
Rentabilidad de
una caldera de
biomasa de 325 kW
(Financiación 80 %
Avalmadrid) – Gráfico
de gasto anual (flujo
de caja).



8

BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICOS

La biomasa posee ventajas comunes con el resto de las energías renovables, frente a las fuentes de energía convencionales, entre las que destacan:

- Es una fuente de energía autóctona, y su uso reduce nuestra dependencia energética del exterior.
- Respeto al medioambiente, ya que tiene un balance neutro de emisiones de CO₂.
- Provoca la reducción de gases de efecto invernadero a través de la sustitución de combustibles fósiles.
- Es una fuente de energía inagotable.
- Genera más empleo (hasta cinco veces) que las energías convencionales, a través de empresas fabricantes, instaladoras y mantenedoras, cursos de formación, etc.
- Favorece el equilibrio regional al ser un recurso repartido por todo el territorio.
- Contribuye a la diversificación energética y la generación distribuida geográficamente que son objetivos energéticos compartidos tanto a escala nacional como europea.

Pero además, la biomasa posee otras ventajas adicionales de gran interés, debidas a su propia naturaleza:



Figura 41: Formación en calderas de biomasa.



Figura 42: Biomasa forestal empacada para su posterior tratamiento.

- Elevada disponibilidad del recurso. Según el Plan de Energías Renovables 2005-2010, los recursos disponibles de biomasa en España ascienden a 18.490 ktep anuales.
- Gran variedad de tipos de biomasa y posibles usos energéticos (forestales, agrícolas, de industrias de transformación e, incluso, cultivos energéticos en fase de investigación).
- Mantenimiento y limpieza de las zonas madereras para su reforestación.
- Reducción de los daños por incendios.
- Valorización de los residuos.
- Fijación de la población rural.

En cuanto a su interacción con el medioambiente, si se compara las emisiones de las calderas de biomasa con las de los sistemas de calefacción convencionales se obtienen los resultados de la tabla 8:

Tabla 8: Emisiones en mg/kWh de energía suministrada

	Gasóleo de calefac.	Gas natural	Astillas de madera y pellets
CO	10	150	250
SO₂	350	20	20
NO_x	350	150	350
Partículas	20	0	150

Los datos recogidos muestran que las calderas de biomasa tienen emisiones más bajas o similares de SO₂ (generador de la lluvia ácida), emisiones levemente más altas de NO_x y CO y emisiones algo superiores, pero dentro de los límites aceptables, de partículas.

Sin embargo, si se analiza el *ciclo de vida* del proceso (considerando la producción, transporte de combustible, etc.) que también contribuye a las emisiones, la comparación entre las distintas tecnologías es la recogida en la tabla 9:

Tabla 9: Emisiones-año del ciclo de vida

	Gasóleo de calefac.	Gas natural	Astillas de madera y pellets
CO (kg)	35	90	20
SO₂ (kg)	205	20	48
CO₂ (t)	195	160	15
Partículas (kg)	20	10	30

Considerando todo el ciclo de vida, las astillas y pellets cumplen mejor los límites de emisiones de CO₂ y CO. Las emisiones de SO₂ son significativamente más bajas que para las calderas de gasóleo, pero levemente más altas que en las calderas de gas. Por otra parte, las emisiones de partículas son levemente más altas, pero su cantidad continúa estando en límites aceptables.

9 EJEMPLOS PRÁCTICOS: INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN CON BIOMASA EN ESPAÑA

EJEMPLO 1: COMUNIDAD DE VECINOS CON CALDERA DE BIOMASA PARA CALEFACCIÓN

Una Comunidad de Vecinos de la Comunidad de Madrid de 150 viviendas tiene calefacción mediante calderas de biomasa.

Esta Comunidad de Vecinos es la primera que sustituyó una caldera de carbón por una de biomasa. Emplea como combustible huesos de aceituna resultantes de la producción de aceite de oliva.

Descripción de la Instalación

Caldera:

Marca: LASIAN

Modelo: HKN 280

Tipo de caldera: Parrilla en cascada

Potencia: 326 kW

Combustible: Huesos de aceituna

Rendimiento: 86 - 91 %.

Propiedades del hueso de aceituna

PCI	4.500 kcal/h
Características	Inocuo Inodoro
Localización	Sur Ibérico

El combustible utilizado tiene un alto poder calorífico y precio competitivo si se compara con los combustibles fósiles.

El suministro de combustible se realiza mensualmente durante los meses de calefacción, aproximadamente desde noviembre hasta abril, por medio de un camión semicisterna de suministro adaptado para descargar la biomasa de forma segura, rápida y limpia en el silo de almacenaje. La duración media de la descarga del combustible al silo es de 30-45 minutos.

El consumo de combustible para los meses indicados anteriormente es de 80 t/año.

En las instalaciones más modernas existe un medidor volumétrico en el silo de almacenamiento, de forma que avisa cuando la capacidad de combustible almacenado es inferior a un tercio de su capacidad.



Figura 43:
Edificio de viviendas
en la calle Pedro
Muguruza.

El combustible se transporta mediante un tornillo sinfín desde el silo hasta la tolva de la caldera.

La temperatura del agua de circulación está regulada y oscila entre 40 °C y 80 °C.

Aproximadamente por cada tonelada de hueso de aceituna quemado se generan 100 g de ceniza, lo que supone para esta instalación unos 2,5 dm³ al mes que los vecinos utilizan como abono para plantas.

El control de todo el sistema se realiza de forma automática excepto la puesta en marcha y extracción de cenizas.

Mensualmente se realiza una medición de los parámetros de funcionamiento de la instalación (temperaturas, rendimiento y gases) para comprobar su correcto estado.

Resultados y Beneficios

La primera ventaja destacable del uso de biomasa como combustible es la medioambiental, ya que supone un ciclo neutro en la atmósfera, no contabilizándose las emisiones de CO₂ en su quemado.

Además se pueden destacar otras ventajas:

- El calor suministrado es muy constante.
- El combustible y la tecnología empleada son autóctonos.
- No hay posibilidad de explosión.
- En España existe un aseguramiento de combustible debido a que la producción y demanda de aceite de oliva produce este residuo en grandes cantidades durante los meses de diciembre y enero.
- Es un combustible con bajo coste y precios estables ajenos a cualquier tipo de crisis energética o fluctuaciones del mercado internacional.



Figura 44:
Caldera de biomasa.

El ahorro energético utilizando este tipo de calderas es de aproximadamente un 30 % cuando sustituye a los sistemas convencionales de carbón.

La inversión total necesaria para la realización de esta instalación ha sido de 42.071 €, (IVA no incluido) de los cuales el Ayuntamiento de Madrid ha subvencionado el 22 %, es decir, 9.256 €.

La rentabilidad de la instalación se produce a partir del cuarto año.

Fecha de puesta en marcha: 2002

Participantes:

- Calordom S.L.
- Combustibles Cabello S.L.
- Comunidad de Vecinos.

EJEMPLO 2: INSTALACIÓN MIXTA DE BIOMASA Y ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN UN HOTEL

En La Ampolla (Tarragona), el Hotel Flamingo es el primer hotel que cubre todas sus necesidades de agua caliente sanitaria, climatización de la piscina y calefacción con energías renovables.

El Hotel se encuentra rodeado de un bello medio natural, motivo principal por el que se decidió darle una solución energética sostenible: una instalación solar térmica con ayuda de dos calderas de biomasa y un sistema de climatización por medio de bombas de calor reversibles.



Figura 45:
Hotel Flamingo en La Ampolla (Tarragona).

Fue la primera instalación mixta solar y biomasa de España en una edificación.

La instalación suministra el agua caliente sanitaria para todos los usos de la actividad hotelera del establecimiento, la calefacción de las zonas nobles del hotel y la climatización de una piscina ubicada en el interior del edificio.

Instalación de biomasa

Número de calderas: 2

Potencia: 100 kW c/u

Marca y modelo: KWB USV 100

Rendimiento: 92 %

Potencia de conexión eléctrica: 2 kW



Figura 46:
Cáscaras de almendra
y pellets.

Las calderas empleadas son de última generación totalmente automáticas y de muy bajas emisiones. Tienen la ventaja de que pueden usar distintos tipos de biomasa como combustible (astillas, pellets, cáscaras de almendras, huesos de aceituna, etc.).

La biomasa se almacena en un silo situado en el semisótano con capacidad suficiente para un consumo anual de 83,8 t de biomasa. Es transportada a cada una de las dos calderas mediante un tornillo sinfín y un agitador de lamas de acero.



Figura 47:
Sala de calderas del
Hotel Flamingo.

Se trata de calderas con sistemas automáticos de limpieza de cenizas de los intercambiadores de calor, lo que permite un elevado grado de eficiencia.

Instalación solar

Número de captadores: 30
Superficie de captación: 76,2 m²
Marca y modelo: Chromagen CR-12
Volumen de acumulación: 2 x 3.500 l
Energía generada: 78.152 kWh/año

El agua caliente de todo el edificio y la calefacción de la piscina interior se consiguen íntegramente con la instalación de energía solar en los meses de máxima radiación. Cuando la radiación solar no es suficiente para cubrir las necesidades, el sistema pone en funcionamiento una o las dos calderas de biomasa.

Sistema de climatización



Figura 48:
Instalaciones del
Hotel Flamingo.

Número de unidades: 68 unidades exteriores y 6 unidades interiores de conductos.

Marca y modelo: Eurofred VRF

El sistema de climatización es una instalación de bombas de calor de funcionamiento reversible con rendimiento de múltiples etapas.

Las unidades interiores seleccionadas son del tipo conductos de baja silueta, que permiten una discreta instalación y tienen un nivel sonoro muy bajo.

Resultados y beneficios

La primera ventaja destacable, es que se trata de una instalación de energías renovables respetuosa con el medioambiente.

La solución energética propuesta tiene otras ventajas además de las puramente ecológicas, ya que se reduce la factura energética sin sacrificar el confort del hotel.

La instalación solar produce aproximadamente 80.000 kWh/año. Teniendo en cuenta que la vida útil de una instalación de este tipo es del orden de 20 años, se consigue un ahorro total de 150.000 €.

El consumo anual de biomasa se corresponde con 350.000 kWh/año aproximadamente. Mediante la sustitución de combustibles fósiles se evita la emisión a la atmósfera de 112 t de CO₂/año.

Para financiar la instalación se han conseguido ayudas a fondo perdido y préstamos a interés cero que hacen que la instalación solar se amortice más rápidamente y que la inversión en las calderas de biomasa resulte, finalmente, más económica que si se tratase de calderas convencionales.

Se prevé que la instalación se amortice en siete años.

Fecha de puesta en marcha: 2005

Participantes:

- Nova Energía
- Port Ampolla, S.L.

EJEMPLO 3: CALEFACCIÓN Y ACS CENTRALIZADA POR BIOMASA PARA VARIOS BLOQUES DE VIVIENDAS Y EDIFICIOS MUNICIPALES

En Cuellar, municipio de 9.200 habitantes de la provincia de Segovia, rodeado de una importante masa forestal de pino negral se ha instalado una Planta de Calefacción y ACS centralizada, que usa biomasa como combustible, para cubrir la demanda energética de:

- Un barrio formado por varios bloques de viviendas colectivas.
- Un centro escolar con 600 alumnos.
- Un pabellón polideportivo cubierto.
- Un Centro Cultural.

Anteriormente estos edificios contaban con un sistema de calefacción de gasóleo con importantes pérdidas caloríficas en sus instalaciones, además de unos aislamientos muy deficientes.

Descripción de la instalación

La planta de calefacción y Agua Caliente Sanitaria (ACS) centralizada consiste en una central térmica que calienta el agua empleando como combustible los residuos procedentes de la limpieza de monte y otros tipos de biomasa forestal.

La planta cuenta con dos calderas de las siguientes características:



Figura 49:
Planta de calefacción
y ACS de Cuellar.

Caldera 1

Tipo de caldera: acuotubular con dos parrillas móviles superpuestas.

Potencia: 4.500.000 kcal/h.

Uso: capaz de suministrar agua caliente para calefacción y ACS en invierno.

Caldera 2

Tipo de caldera: acuotubular con una parrilla móvil.

Potencia: 600.000 kcal/h

Uso: suministrar agua caliente para ACS en verano.



Figura 50:
Red de tuberías.

El agua caliente se impulsa y distribuye a los usuarios mediante bombas a través de una doble tubería preaislada de 3 km de longitud, accediendo el calor al circuito interno de cada vivienda a través de un intercambiador de placas, retornando como agua fría a la central térmica para iniciar nuevamente el ciclo.

Las condiciones de aislamiento de la tubería aseguran unas pérdidas máximas de 1 °C cuando la temperatura exterior es de -5 °C.

La biomasa se almacena en un silo con capacidad para 30 t de combustible.

Resultados y beneficios

La instalación realizada en Cuellar supone varias ventajas para sus usuarios:

- Este sistema de calefacción centralizada suministra energía directamente al usuario, evitándole la necesidad de manipular y almacenar combustibles.
- Se ha reducido con respecto a otros años el 10 % en el coste para los usuarios. Uno de los gastos importantes eliminados es el del mantenimiento de las antiguas calderas y la limpieza de las chimeneas.
- Además la temperatura en los hogares ha sido mayor ya que se ha brindado la posibilidad de mantener más horas la calefacción.

Por otro lado, el uso de biomasa forestal, fuente energética renovable y autóctona supone ventajas de todo tipo, fundamentalmente dos:

- Medioambientales, al disminuir la utilización de combustibles fósiles más contaminantes.
- Sociales, ya que el aprovisionamiento de biomasa para abastecer la planta redundará en la creación de nuevas actividades económicas en el entorno.

La biomasa empleada durante el primer año de la planta ha sido corteza de pino y cáscara de piña, ambos son residuos excedentarios en la comarca y permitirían la ampliación de la instalación.

La Comunidad de Villa y Tierra de Cuellar tiene aproximadamente 16.000 ha de monte, ordenadas de tal forma que todos los años han de ejecutarse cortas para salvaguardar su vida. Todas las copas de estos árboles son trituradas y depositadas directamente en el monte, aunque en el futuro más inmediato se espera valorizarlas como biomasa para la Planta.

La inversión necesaria para llevar a cabo este proyecto ha sido cercana a 1.200.000 €. El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN) financiaron la planta al 50 %.

El Ayuntamiento de Cuellar es quien gestiona esta instalación, paga el combustible, cobra la energía a los usuarios y devuelve la inversión en 20 años.

Fecha de Puesta en Marcha: 1999

Participantes:

- IDAE
- EREN
- Ayuntamiento de Cuellar
- Universidad de Valladolid.

EJEMPLO 4: COMUNIDAD DE VECINOS CON CALDERAS DE BIOMASA PARA CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE (ACS)

Una Comunidad de Vecinos de la Comunidad de Madrid formada por 20 viviendas, ha sustituido las calderas antiguas de carbón por calderas de biomasa, con el objetivo de disminuir el gasto energético y al mismo tiempo ser respetuosos con el medioambiente.

Descripción de la instalación

La instalación está formada por dos calderas con las siguientes características:

Caldera 1:

Marca: LASIAN

Potencia: 400.000 kcal/h

Caldera 2:

Marca: ARCHI

Potencia: 80.000 kcal/h



Figura 51: Caldera LASIAN de Biomasa.



Figura 52:
Caldera ARCHI.



Figura 53:
Depósitos de
acumulación de ACS.

Son las calderas más modernas instaladas en el año 2005, con una eficiencia de combustión del 88-91 %. Están preparadas para utilizar como combustible tanto huesos de aceituna como pellets, permitiendo escoger en cada momento el producto más barato en el mercado.

La instalación cuenta con dos depósitos de acumulación de 1.000 l de capacidad cada uno que mantienen el ACS a una temperatura de 60 °C.

Resultados y Beneficios

La instalación de las calderas de biomasa ha permitido sustituir el consumo de 150 t/año de carbón (equivalentes a 100.000 l de gasóleo) y aumentar el número de horas diarias de calefacción en invierno a 16.

El coste de la instalación de las dos calderas es de, aproximadamente, 85.000 € (incluyendo las calderas, la instalación y los elementos auxiliares, adecuación del almacén, tolva, etc.).

La financiación del sistema se ha realizado mediante un contrato de gestión. Con la situación actual los gastos de la comunidad son:

- Gasto mensual: 1.120 €/mes leasing + 2.330 €/mes biomasa (media)
- Gasto anual (5 primeros años): 13.400 €/año leasing + 28.000 €/año biomasa
- Gasto anual (resto): 28.000 €/año biomasa

El gasto anual con el sistema anterior de carbón era de 80.000 €/año, con lo que la Comunidad ha obtenido un ahorro significativo desde el primer mes.

Fecha de Puesta en Marcha: 2005

Participantes:

- Calordom S.L.
- Comunidad de vecinos.

EJEMPLO 5: CALDERAS DE BAJA POTENCIA PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES

Para viviendas unifamiliares la demanda de calefacción queda completamente cubierta con pequeñas calderas de biomasa de alrededor de 25 kW de potencia.

Estas calderas funcionan con pellets de biomasa como combustible, y no requieren de un espacio destinado a su almacenamiento ya que disponen de un depósito de combustible incorporado.

Para ilustrar esto se exponen dos ejemplos de calderas de baja potencia:

Caldera 1:

Potencia de caldera: 27 kW
Modelo: Hidrocopper (Ecoforest)
Rendimiento: 85 %
Combustible: Pellets
Capacidad de almacenamiento: 40 kg
Coste con instalación: 3.480 - 4.380 €



Figura 54: Caldera modelo Hidrocopper.

Caldera 2:

Potencia de caldera: 25 kW
Modelo: Ecotherm H₂O (Thermorossi)
Rendimiento: superior al 90 %
Combustible: Pellets
Capacidad de almacenamiento: 65 kg
Coste con instalación: 4.560 €



Figura 55:
Caldera modelo
Ecotherm H₂O.

Resultados y Beneficios

El consumo medio horario de pellets de este tipo de calderas es de 3,3 kg/h. Esto representa un consumo anual de biomasa de 9.504 kg/año (teniendo en cuenta 16 horas de calefacción durante los meses de invierno).

La siguiente tabla muestra el ahorro de combustible obtenido al comparar las calderas de pellets con una caldera convencional de gasóleo.

	PELLETS	GASÓLEO
Consumo anual	9.504 kg/año	4.752 l/año
Precio	0,15 €/kg	0,6 €/l
Coste (€/año)	1.425,6	2.851,2
Ahorro combustible (€/año)	1.425,6	

Con el ahorro de combustible obtenido, la inversión necesaria para la instalación de una caldera de biomasa se recupera en, aproximadamente, 3 años.

Además de los beneficios económicos que se obtienen con el empleo de calderas de biomasa, hay que destacar los beneficios medioambientales.

En este ejemplo, la sustitución de una caldera de gasóleo por una de pellets evita la emisión a la atmósfera de 33.159,45 kg CO₂/año.

10 **NORMATIVA**

Diferentes normas y reglamentos son aplicables a la biomasa. Se ha de tener en cuenta la regulación en materia agrícola, medioambiental y energética para abordar un proyecto de uso térmico de la biomasa.

A continuación se analizan las diferentes legislaciones, normas y regulaciones que influyen en el desarrollo de las aplicaciones térmicas de la biomasa.

MEDIO AMBIENTE

Real Decreto 430/2004, de 12 de marzo, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión, y se fijan ciertas condiciones para el control de las emisiones a la atmósfera de las refinerías de petróleo.

Las instalaciones a que hace referencia este Real Decreto son aquellas que tienen más de 50 MW de potencia térmica nominal.

En concreto establece los siguientes límites:

(mg/Nm ³)	50 a 500 MW _t	> 500 MW _t
NO_x	600	500
Partículas	100	50

DESGRAVACIONES FISCALES

Real Decreto-Ley 2/2003, de 25 de abril, de medidas de reforma económica.

Se establece una reducción del 10 % de las inversiones realizadas en bienes de activo material destinadas al aprovechamiento de fuentes de energías renovables consistentes en instalaciones y equipos. Este Real Decreto es de aplicación para el aprovechamiento, como combustible, de residuos sólidos urbanos o de

biomasa procedente de residuos de industrias agrícolas y forestales, de residuos agrícolas y forestales y de cultivos energéticos para su transformación en calor o electricidad.

NORMATIVA TÉCNICA

La normativa técnica específica de biomasa no es muy extensa y sobre todo en España se hacen pocas referencias a este combustible.

Combustible

Norma UNE 164001 EX. Biocombustibles sólidos. Método para la determinación del poder calorífico. Elaborada por el comité técnico de normalización de AENOR AEN/CTN 164 "Biocombustibles sólidos", en el grupo de trabajo 3 "Muestreos y ensayos" coordinado por el CIEMAT.

Aunque esta norma tiene como fin guiar a los técnicos de laboratorio en los procesos de verificación del poder calorífico superior e inferior de una muestra de biocombustible, debe considerarse como un referente para los distintos agentes del sector de la biomasa (laboratorios, productores, distribuidores, usuarios, etc.).

Equipos e Instalaciones

- Reglamento de Aparatos a Presión (RAP)

El RAP y sus Instrucciones Técnicas Complementarias establecen las prescripciones, inspecciones técnicas y ensayos de los aparatos destinados a la producción, almacenamiento, transporte y utilización de fluidos a presión. En el mismo no se hace mención específica a medidas concretas para los equipos de biomasa y las instalaciones que los incorporan. Éstas deberán cumplir lo indicado para combustibles sólidos (biomasa), líquidos (biocarburantes) o gaseosos para el biogás.

Para los proyectos de biomasa son de especial interés las siguientes instrucciones:

TC-MIE-AP1: Calderas, Economizadores, Precalentadores, Sobrecalentadores y Recalentadores.

ITC-MIE-AP2: Tuberías para fluidos relativos a calderas.

ITC-MIE-AP11: Aparatos destinados a calentar o acumular agua caliente fabricados en serie.

ITC-MIE-AP12: Calderas de agua caliente.

ITC-MIE-AP13: Intercambiadores de calor.

- Reglamentos de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)

Este reglamento establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, con objeto de conseguir un uso racional de la energía que consumen.

Este reglamento no hace mención específica a las instalaciones que utilizan biomasa como combustible, aunque en la actualidad se está trabajando en una revisión del reglamento en la que existen artículos que influirán en los proyectos de biomasa. Se indican algunas propuestas del borrador de reglamento:

- El titular de la instalación deberá suministrar a la empresa suministradora del combustible un certificado de la misma registrado en el órgano competente de la Comunidad Autónoma para formalizar el contrato.
 - Entre las exigencias técnicas de las instalaciones térmicas se incluye la utilización de energías renovables y residuales, indicándose que los proyectos valorarán las posibilidades de aprovechar estas energías.
 - Para piscinas cubiertas el calentamiento del agua se obtendrá con fuentes de energía renovable, cubriendo ésta al menos el 70 % de la demanda.
- UNE-EN 303-5 Calderas de calefacción: calderas especiales para combustibles sólidos, de carga manual y automática y potencia útil nominal hasta 300 kW.
 - UNE 124-002 Especificaciones técnicas y ensayos de estufas para uso doméstico que consumen combustibles sólidos.
 - UNE 123-001 Cálculo y diseño de chimeneas.
 - UNE 9-006-92 Calderas: hogares para calderas.
 - UNE-EN 13229 Aparatos insertables, incluidos los hogares abiertos, que utilizan combustibles sólidos. Requisitos y métodos de ensayo.
 - EN 12809 Calderas domésticas independientes que utilizan combustible sólido. Potencia térmica nominal inferior o igual a 50 kW. Requisitos y métodos de ensayo.
 - UNE 9-017-92 Diseño de calderas. Características de los combustibles sólidos de origen no fósil.
 - UNE 9-107-86 Conductos para calderas.
 - UNE 9-205-87 Calderas. Cálculos relativos a la combustión.

NORMATIVA ESPECÍFICA DE LA COMUNIDAD DE MADRID

Actualmente en la Comunidad de Madrid se está elaborando un Reglamento por el que se establecen los requisitos adicionales que deben cumplir las instalaciones térmicas no industriales en los edificios, alimentadas por biomasa y con potencia superior a 70 kW.

Las instalaciones térmicas de calefacción y ACS que utilicen biomasa como combustible, y estén situadas en edificios, tanto calderas nuevas como las reformas de las mismas, además de la normativa y legislación detallada anteriormente, deberán cumplir este reglamento.